



# AMPEER TEAM

---

**Anàlisis mecànic i electrònic d'un sistema de regeneració d'energia per a una moto elèctrica.**

---

PFG. Grau en enginyeria mecànica

PFG. Grau en enginyeria electrònica i automàtica.

---

Autor:

Guillem Peiró Pradales

---

Tutors:

Rafael Sitjar Cañellas (Enginyeria mecànica)

Juan Antonio Ortega Redondo (Enginyeria electrònica i automàtica)

---



## I. Abstract

En la següent memòria s'explica el procés que s'ha seguit per tal de millorar el disseny d'un ciclomotor afegint-hi una regeneració d'energia.

El Projecte s'ha desenvolupat en el marc d'una competició internacional de disseny d'un ciclomotor elèctric (Smart Motor Challenge) i el nostre equip es Ampeer Team que està format per alumnes de L'ETSEIB (UPC), EET (UPC) i ELISAVA.

Per tal de millorar l'eficàcia i l'eficiència del vehicle, s'estudia la possibilitat de realitzar una regeneració d'energia mitjançant una segona bateria de Supercapacitors i un segon motor a la roda del davant. D'aquesta manera aprofitem l'energia sobrant de la frenada del vehicle i s'utilitza quan hi ha una demanda d'energia molt elevada.



## Índex

Anàlisi mecànic i electrònic d'un sistema de regeneració d'energia per a una moto elèctrica. .	0
I. Abstract .....	2
Índex.....	4
II. Motivació.....	6
III. Objecte del projecte.....	6
IV. Objectiu del projecte.....	6
1- Introducció .....	7
1.1 La competició .....	7
1.2 AMPEER TEAM, L'equip.....	7
1.3 BRUC, La moto.....	8
1.3.1 Visió general .....	8
1.3.2 Power train.....	8
2 Estat de la tècnica .....	10
2.1 Benchmarking.....	10
2.1.1 Scutum –S01- Moped version .....	10
2.1.2 Honda EV-neo.....	11
2.2 Patents .....	12
3 Normatives .....	13
3.1 Administració .....	13
3.1 SmartMoto Challenge .....	13
4 Alternatives de disseny .....	14
4.1 Presentació de les propostes .....	14
4.1.1 Bateria de Supercapacitors en sèrie.....	14
4.1.2 Bateria de Supercapacitors en paral·lel .....	15
4.1.3 Bateria de Supercapacitors i segon motor en paral·lel .....	15
4.2 Avaluació i decisió .....	16
5 Disseny .....	17
5.1 Sistema .....	17
5.1.1 Esquema general .....	17
5.1.2 Descripció del sistema motriu.....	18
5.1.3 Funcions dels sistema motriu:.....	21
5.1.4 Bateries.....	22
5.1.5 DC/DC .....	24

5.1.6 Sensors:	26
5.2 Modes de funcionament	27
5.2.1 Mode eco	27
5.2.2 Mode Intel·ligent	28
.....	28
5.2.3 Mode Esport	28
5.3 Distribució dels elements	29
5.3.1 Supercapacitors	29
5.3.2 Bateria de Liti	29
5.3.3 resta de components	30
6 Validació del sistema de regeneració dissenyat	31
6.1 Modelat	31
6.2 Constants i càrrega de gràfics	32
6.3 Resultats	35
6.3.1 Mode sense regeneració:	35
6.3.2 Mode ecològic	36
.....	36
6.3.3 Comentaris:	37
7 Webgrafia	38
7.1 Normativa:	38
7.2 Estat de la tècnica	38
7.3 Disseny	38
8 Referències bibliogràfiques:	38
7 Annexos	39
7.1 Pressupost	39
Índex d'il·lustracions	40
Índex de taules	41

## II. Motivació

El disseny del tren de potència d'un ciclomotor amb regeneració d'energia incorpora molts punts d'interès de l'àmbit de les dues enginyeries involucrades en el projecte.

La necessitat d'un fre regeneratiu per a vehicles lleugers com ara una bicicleta, ciclomotor o motocicleta elèctrics es cada vegada més evident. Aquests tipus de vehicles comencen a envair els carrers de les principals ciutats europees i les perspectives són molt positives per al futur. El principal problema d'aquests vehicles es la bateria, el seu pes, la càrrega lenta, el volum, la vida útil... És per això que si podem reutilitzar l'energia augmentarem el rendiment i la vida útil de la bateria.

D'altra banda considero d'elevat interès investigar sobre noves maneres d'emmagatzemar l'energia com ara els Supercapacitors amb un alt rendiment i una alta versatilitat.

## III. Objecte del projecte

Dissenyar un tren de potència adequat per a un ciclomotor elèctric que es presentarà a la competició Smart Motor Challenge. El tren de potència s'ha d'adequar al disseny que l'equip té pensat per a la moto.

## IV. Objectiu del projecte

Formar part de manera proactiva del projecte ambiciós que proposen els altres integrants de l'equip, així com incorporar millores en el rendiment del ciclomotor.

Per tal d'assegurar l'èxit, es procedirà a validar el disseny mitjançant una simulació amb Matlab i Simulink.

A més i de manera colateral, durant la realització del projecte s'haurà d'establir connexions amb empreses del sector i de recerca per tal de aconseguir un feedback i demanar esponsorització per al projecte.

## 1- Introducció

### 1.1 La competició

El projecte consisteix en la fabricació d'una motocicleta elèctrica funcional, seguint les normes europees com L1E o L3E . En aquesta segona edició, de nou, l'objectiu serà millorar la mobilitat acadèmica, sent el principal usuari dels estudiants universitaris. Les fases durant el projecte inclouran l'anàlisi de mercat , les definicions sobre el producte i el disseny , i, com a conseqüència d'això, la construcció d'un prototip real, d'una motocicleta elèctrica . Serà obligatori, també, un pla de negocis que explica com cada equip avalua el llançament del seu vehicle en termes de producció, els preus, els distribuïdors, els mercats ...

Durant l'actual convocatòria els equips inscrits son els següents:

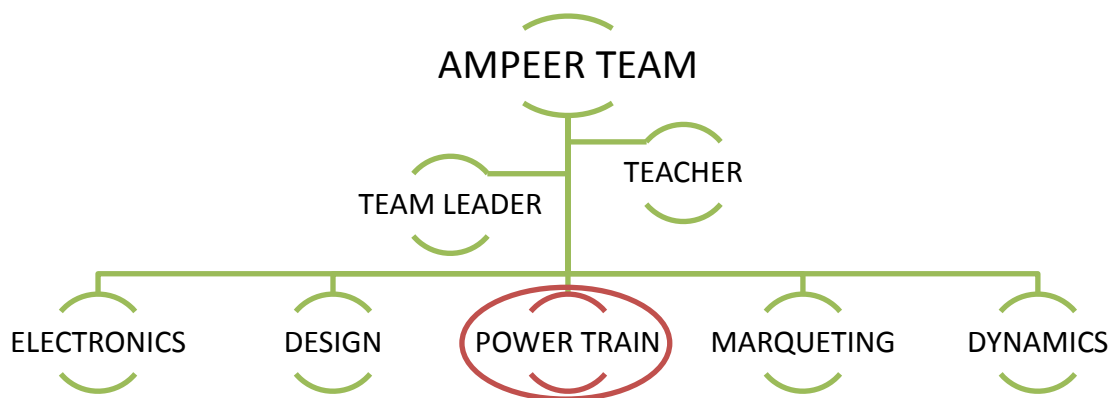
ETSEIB (UPC)/ELISAVA	Barcelona	SPAIN
Universidad de Azuay	Cuenca	ECUADOR
Mechanical Engineering of Moscow "MAMI" TEAM 1	Moscow	RUSSIA
Universitat de Girona	Girona	SPAIN
Institut Químic de Sarrià	Barcelona	SPAIN
Universidad Antonio Nebrija	Madrid	SPAIN
Wroclaw University of Technology	Wroclaw	POLAND
College FP electric vehicle	Barcelona	SPAIN
UniversitatBarcelona/ETSEIB/MONLAU	Barcelona	SPAIN
Russian Frienship University	Moscow	RUSSIA
Mechanical Engineering of Moscow "MAMI" TEAM 2	Moscow	RUSSIA

Taula 1 Relació d'equips participants a SMC

La competició es realitzarà al circuit de Montmeló i a l'Arc de Triomf de Barcelona els dies: 3, 4, 5 i 6 de juliol de 2014.

### 1.2 AMPEER TEAM, L'equip

L'equip, en un principi, està format per estudiants d'enginyeria superior de l'ETSEIB (UPC), disseny d'ELISAVA. Uns mesos després que comencessin a treballar vaig incorporar-m'hi i aleshores es va generar la divisió de Power Train a on he desenvolupat la meva tasca.



Il·lustració 1 Organigrama



## 1.3 BRUC, La moto



Il·lustració 3 Impala



Il·lustració 2 BRUC vista frontal

### 1.3.1 Visió general

La moto està basada en un clàssic, la impala, una moto amb un estil retro dissenyada per anar per carretera i gaudir del trajecte. Donat que la BRUC ha d'estar destinada a ser una Smart Moto (per a ciutats intel·ligents).

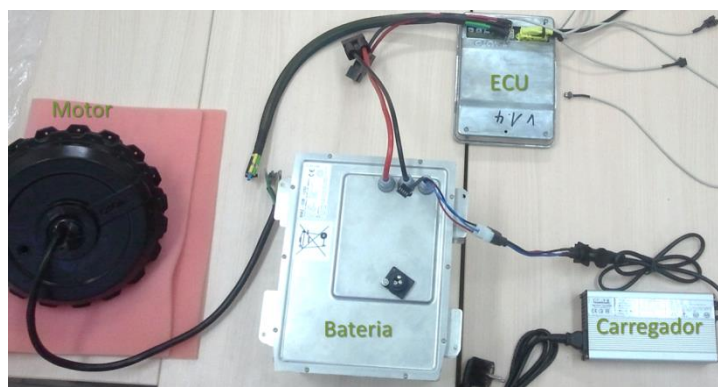
En la Bruc la idea es que la bateria de liti va situada al terra de la moto, i per s'aprofitaria la capsa/motxilla que va davant del seient com a emmagatzematge del casc, bossa i demès. Aquesta capsa/motxilla hauria de ser portàtil per a utilitzar-la com a motxilla o que quedés ben encaixada a la moto per tal que ningú la pogués manipular sense clau. Si es vulgues conduir la moto sense la caixa la conducció s'assemblaria a la d'una Scooter.

Per tal de donar versatilitat a la moto la bateria hauria de ser transportable i per tant poder-la carregar còmodament a casa en cas de no disposar d'una estació de càrrega a l'exterior o al pàrquing.

A més tindria una tableta que permetria la interacció de la moto amb el pilot.

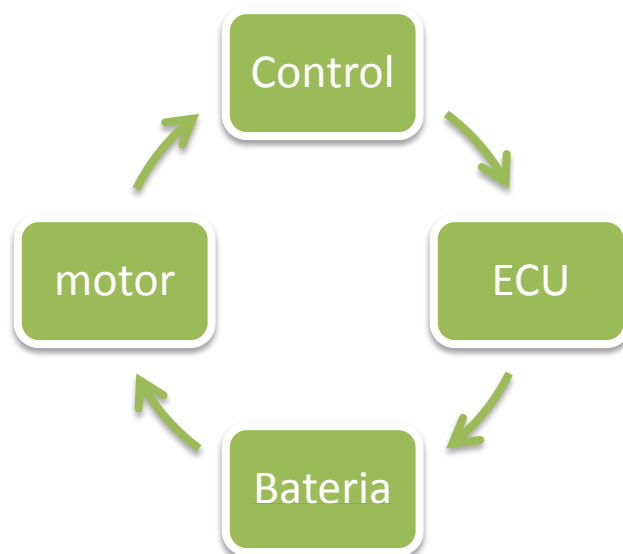
### 1.3.2 Power train

La competició estableix uns components d'ELMOTO que s'han d'utilitzar: el motor, la bateria i la ECU així que tot el que es pugui dissenyar ha d'incorporar aquests components.



Il·lustració 4 Components estàndard d'Elmoto

El sistema a dissenyar es el següent:

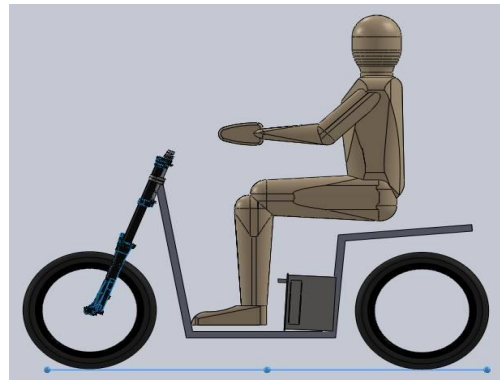


Il·lustració 5 Diagrama Power Train

Per exemple, el *packaging* original de les bateries es basa en una capsa d'acer molt gran i difícil d'incorporar en el disseny, una de les solucions serà realitzar el nostre propi per tal que aquest sigui el propi terra de la moto.



Il·lustració 6 Distribució desitjada de la bateria.



Il·lustració 7 Distribució original de la bateria.

D'altra banda cal buscar la manera d'incorporar al sistema actual un segon sistema d'emmagatzematge d'energia i pensar la manera de regenerar energia.

A més ajudaria molt a una conducció interactiva tindre un menú on es pogués escollir el mode de conducció establint un mínim de 3 de diferents: Esport, Intel·ligent i Eco.

De manera que el millor mode per a un ús normal de la moto es l'Intel·ligent, però si es vol avantposar l'eficiència a la potència es podria utilitzar el mode eco i en el cas de voler avantposar la diversió i la potència, es podria utilitzar l'esport.

Del disseny de la interfície, microprocessador i el processat de dades i sensors s'encarrega la secció d'electrònica amb la que hi haurà un feedback constant d'informació. Se'ls donarà l'algoritme de programació i l'identificaran els senyals que comandaran l'energia de la moto.

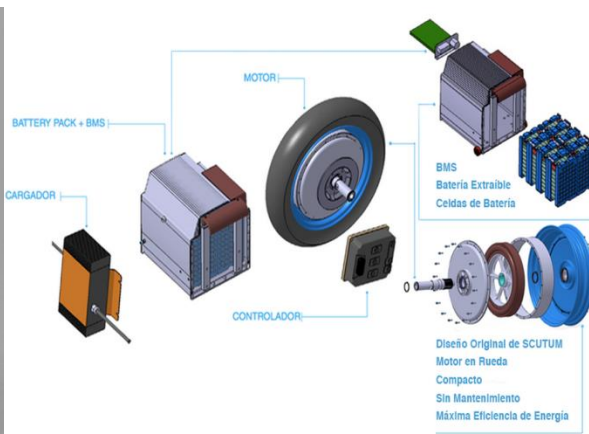
## 2 Estat de la tècnica

### 2.1 Benchmarking

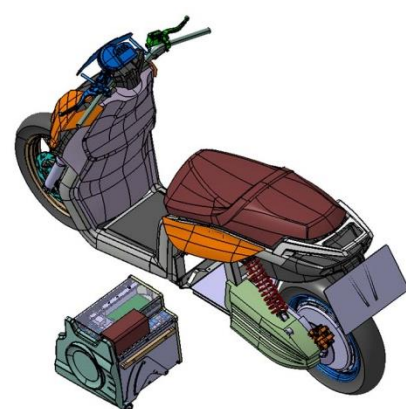
#### 2.1.1 Scutum -S01- Moped version



Il·lustració 9 Scutum -S01-



Il·lustració 8 Scutum Power Train



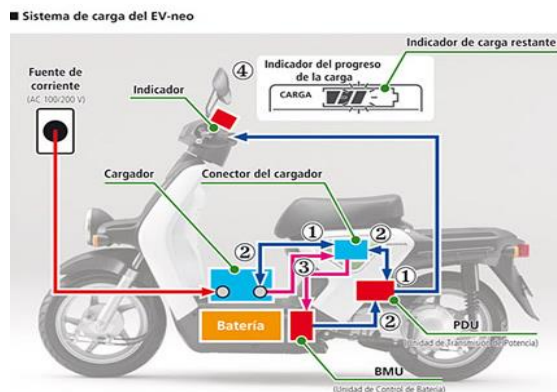
Il·lustració 10 Extracció de la bateria

Propietat	Valor	Qualificació
Tipus de motor	BLDC	Baix desgast, bona eficiència.
Potència màxima	4kW	Màxima dins la normativa.
V màxima	45km/h	Màxima dins la normativa.
Tracció	Darrera	Bona estabilitat.
Bateria	Liti	Liti bona relació energia/pes.
Capacitat	48V/30Ah o 60Ah	60Ah molta autonomia, 30 just.
Bateria desmuntable	Si i amb roda	Augmenta molt la versatilitat.
Pes de la bateria	20kg o 39kg	Pes molt elevat per a una correcta mobilitat.
Carregador	Intern	Ajuda a carregar en qualsevol lloc.
Pes vehicle (no bateria)	90kg	Es un pes equilibrat tirant a alt.
Places	2	Comú
Fre davanter	Disc	Comú
Fre darrer	Disc	Comú
Fre regeneratiu	No	

Taula 2 Benchmark Scutum -S01- Moped version

Scutum es una marca de desenvolupament català i tenen dos models de motos, el que s'està avaluant incorpora una bateria extrudible amb un sistema innovador basat en un guiatge al lateral de la moto. Un handicap es el pes elevat del bloc de la bateria. Incorpora un motor de tracció darrera que es basa en el mateix principi de funcionament que el motor Elmoto que disposa l'equip. La moto te forma de Scooter i disposa d'una zona d'emmagatzematge prou gran.

## 2.1.2 Honda EV-neo



Propietat	Valor	Qualificació
Tipus de motor	BLDC	Baix desgast, bona eficiència.
Potència màxima	1CV	Baixa
V màxima	45km/h	Màxima dins la normativa.
Tracció	Darrera	Bona estabilitat.
Bateria	Liti	Liti bona relació energia/pes.
Capacitat	72V/12,6Ah	Baixa autonomia.
Bateria desmuntable	No	Limita molt la versatilitat
Pes de la bateria	No especificat	
Carregador	Ràpid o lent	Permet escollir el tipus de càrrega.
Pes vehicle (no bateria)	106Kg	Es un pes equilibrat tirant a alt.
Places	1	Limita molt
Fre davanter	Disc	Comú
Fre darrer	Disc	Comú
Fre regeneratiu	Si	Desacceleració (quan es deixa anar l'accelerador)

Taula 3 Benchmark Honda EV-neo

La moto Honda EV-neo incorpora un sistema de regeneració que es basa en el següent: quan el pilot deixa d'accelerar el motor comença a actuar com a generador i carrega la bateria de liti. Es una bona opció i sobretot segur que augmenta la duració de la bateria tot i que caldria estudiar quina es la vida total de la bateria ja que una càrrega-descàrrega continuada en una bateria de liti no es del tot aconsellable.

Per altra banda aquesta moto no permet desmuntar la bateria d'una manera prou còmoda, això impedeix que qualsevol persona que no disposi de garatge o d'un punt pròxim de recàrrega no pot adquirir el vehicle.

Una cosa positiva d'aquesta moto es que incorpora dos tipus de càrrega, una càrrega lenta i una de ràpida. La ràpida no es del tot aconsellable però de ben segur que per a determinats moments pot aportar un punt positiu a la moto.

Aquesta moto té un disseny de Scooter, molt adequat per a les ciutats.

## 2.2 Patents

Per tal de conèixer l'estat de la tècnica, cal conèixer quines de les configuracions i quins sistemes que es puguin utilitzar en el nostre cas podrien ésser registrats en l'arxiu de patents, en aquest cas no en fariem mes cas però en el moment de pensar a fabricar en sèrie la moto o realitzar un pla de negoci és un punt important a valorar.

Les patents a estudi son les següents:

### *1-Fre regeneratiu basat en Supercapacitors per a automòbils CN 202507945*

**Principi de funcionament:** sistema basat en un generador de corrent altern, una bateria de Supercapacitors, un convertidor DC / DC, una unitat de control principal, un sensor del pedal del fre i un mecanisme de frenada convencional.

**Àmbit d'aplicació:** Automòbils

### *2-Regenerador mitjançant un volant d'inèrcia en un ciclomotor CN 102464079 A*

**Principi de funcionament:** Recupera l'energia sobrant de la frenada i l'acumula en un volant d'inèrcia que després s'aprofitarà per a accelerar més tard.

**Àmbit d'aplicació:** Bicicletes, tricicles, ciclomotors i altres vehicles civils.

### *3-Ciclomotor amb bateria de Supercapacitors CN 201198278 I*

**Principi de funcionament:** S'incorpora una bateria de Supercapacitors a un vehicle que té un sol motor i una bateria normal, aquesta segona bateria esposa en paral·lel a l'altre.

**Àmbit d'aplicació:** Petit vehicle elèctric.

### *4-Sistema d'accionament elèctric de la roda davantera de la motocicleta EUA 20120065825*

**Principi de funcionament:** S'incorpora un segon motor elèctric en la roda del davant en motocicletes.

**Àmbit d'aplicació:** Motocicletes.

### *5-Scooter cos i el tipus de tracció davantera de scooter electromotriu EUA 5207288*

**Principi de funcionament:** sistema basat en un generador de corrent altern, una bateria de Supercapacitors, un convertidor DC / DC, una unitat de control principal, un sensor del pedal del fre i un mecanisme de frenada convencional.

**Àmbit d'aplicació:** Scooter.

## 3 Normatives

### 3.1 Administració

La normativa a aplicar està recollida en els següents articles que parlen sobre les regles per a passar la ITV i per a homologar els vehicles:

*COMMISSION REGULATION (EU) No 630/2012 del 12 juliol 2012*

*COMMISSION REGULATION (EU) No 692/2008 del 18 juliol 2008*

*COMMISSION REGULATION (EU) No 168/2013 del 15 de gener de 2013*

*Reial decret 2028/1986 6 de juny*

*Reial decret 2822/1998 23 de desembre*

*Reial decret 750/2010 de 4 de juny*

- Garantia mínima 11000 Km
- Potència màxima 4000Watts
- Ha de complir les normes d'elements de baixa tensió
- Permet més d'un element d'emmagatzematge i més d'un motor
- Velocitat màxima: 45Km/h
- Nivell de so màxim: 71 dbA

### 3.2 SmartMoto Challenge

- La moto ha de ser homologable com a Moped.
- La moto ha d'incorporar el motor, Ecu i bateria de Elmoto.
- La moto ha d'incorporar un botó d'emergència.
- La moto ha de resistir una prova d'aigua.



## 4 Alternatives de disseny

### 4.1 Presentació de les propostes

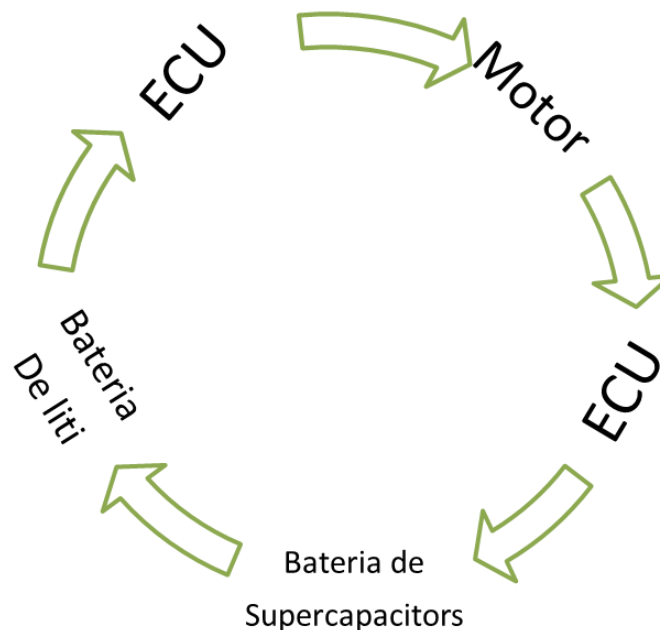
Tal i com diu la normativa de la competició, cal utilitzar el motor, ECU i bateria de Elmoto, però no hem aconseguit que els enginyers d'Elmoto ens facilitin eines de programació per a la ECU. Cal tindre en compte que el motor es comunica amb Bus-Can amb la ECU i que la bateria també té una comunicació en LIN amb la ECU.

Així doncs, hem de partir de la idea que només podem enganyar la ECU generant nosaltres mateixos els senyals o fer una estructura a on no calgui modificar la comunicació entre ells.

Per altra banda cal saber que la bateria de liti només es pot carregar si l'usuari no està activant l'accelerador.

#### 4.1.1 Bateria de Supercapacitors en sèrie.

Amb aquesta disposició es pretén emmagatzemar l'energia del motor a la frenada en la bateria de Supercapacitors, de manera que aquests puguin carregar la bateria de liti quan estiguin plens i tornar a començar el cicle.



Il·lustració 13 Diagrama de flux d'energia, disposició en sèrie

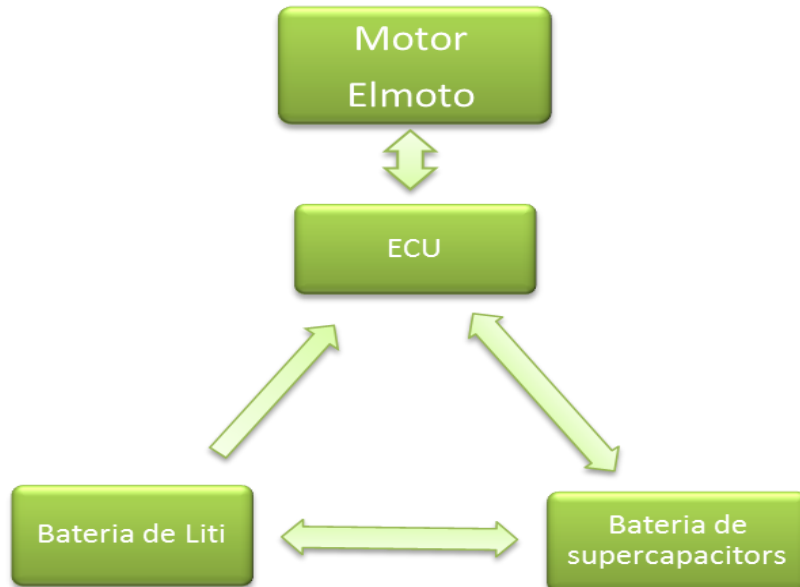
En aquest cas millorem l'eficiència de la moto però molt poc donat que l'energia fins a tornar al motor ha de passar per les dues bateries, i en cada un d'aquests traspassos d'energia hi hauran pèrdues.

Caldria enganyar i tenir accés a les llibreries de la ECU, així com posar un carregador intern per a passar l'energia d'una bateria a l'altre.

Per altra banda aquesta configuració no permetria crear modes de funcionament clarament diferenciats.

#### 4.1.2 Bateria de Supercapacitors en paral·lel

Amb aquesta disposició es pretén emmagatzemar l'energia del motor a la frenada en la bateria de Supercapacitors, de manera que aquests puguin assumir pics de consum o ajudar a arrancar la moto quan calgui.



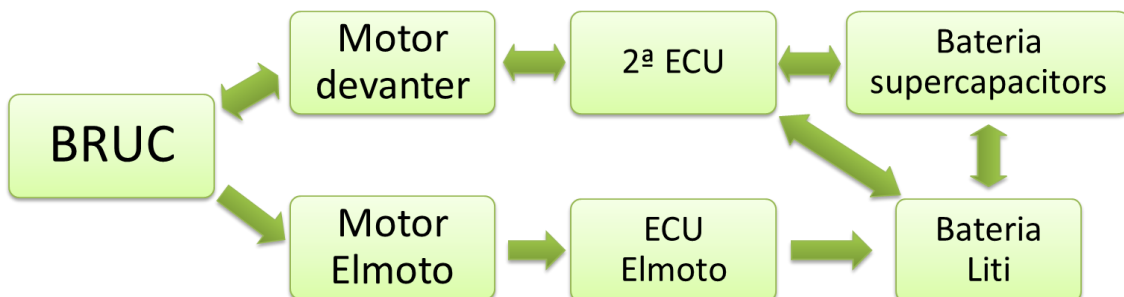
Il·lustració 14 Diagrama de flux d'energia, disposició en paral·lel

Amb aquesta distribució millorem l'eficiència i l'acceleració de la moto. Es pot gestionar la font d'energia en cada cas i per tant es podrien generar diferents modes de funcionament. Donat que l'energia va directament de cada bateria al motor evitem moltes pèrdues en la transformació d'aquesta

Amb aquesta disposició caldria, també, enganyar i tenir accés a les llibreries de la ECU, així com posar un carregador intern per a passar l'energia d'una bateria a l'altre.

#### 4.1.3 Bateria de Supercapacitors i segon motor en paral·lel

Per últim, es planteja fer un sistema de tren de potència amb tracció a les dues rodes, que ens permetrà escollir un motor per a la roda del davant que realment s'acosti a les necessitats que nosaltres tenim (que inclogui regeneració).



Il·lustració 15 Diagrama de flux d'energia, motor i bateria en paral·lel



En la tercera opció es millora molt l'eficiència, però incorpora pes a la moto. Per altra banda incorpora molta versatilitat, la qual cosa permetrà dissenyar uns modes de funcionament molt més òptims que permetran millorar la funcionalitat de la moto.

A més, com ara s'incorpora un segon motor s'augmenta la potència global, tot i que cal tindre en compte que una acceleració a la roda del davant des del punt de vista de l'estabilitat pot ser perillós.

La disposició proposada no requereix enganyar ningun dispositiu d'Elmoto, ni re programar la ECU.

## 4.2 Avaluació i decisió

Per tal de poder prendre la millor decisió es procedeix a valorar punt a punt quina es la millor de les opcions, la que més puntuació obtingui serà la òptima per a poder dur a terme el projecte.

La manera de decidir la millor es valorar de la manera més objectiva possible cada un dels paràmetres escollits de l'1 al 3, essent l'1 en mes baix i el 3 el mes alt.

**Opció 1:** dues bateries en sèrie connectades al motor d'Elmoto.

**Opció 2:** dues bateries en paral·lel connectades al motor d'Elmoto.

**Opció 3:** un sistema motor-bateria en paral·lel al bloc d'Elmoto.

Concepte	Opc. 1	Opc. 2	Opc. 3
Eficiència energètica	1	2	3
Pes	2	3	1
Preu	2	3	1
Versatilitat	1	2	3
Augment de potència	1	2	3
Facilitat d'integració a la moto	2	1	3
Millora global de la moto	1	2	3
Total:	10	15	17

Taula 4 Valoracions dels diferents opcions.

L'opció de crear un segon sistema motor-ecu-bateria en paral·lel al bloc d'Elmoto es la millor valorada, els seus handicaps son que aporten mes pes a la moto i que el sistema sortirà mes car que qualsevol dels altres dos. Però per altre banda es el model més compatible amb tot el bloc d'Elmoto i que millorarà considerablement les prestacions de la mateixa, com ara la potència, la durabilitat de la bateria de liti i augmentarà el seu temps de descàrrega.

## 5 Disseny

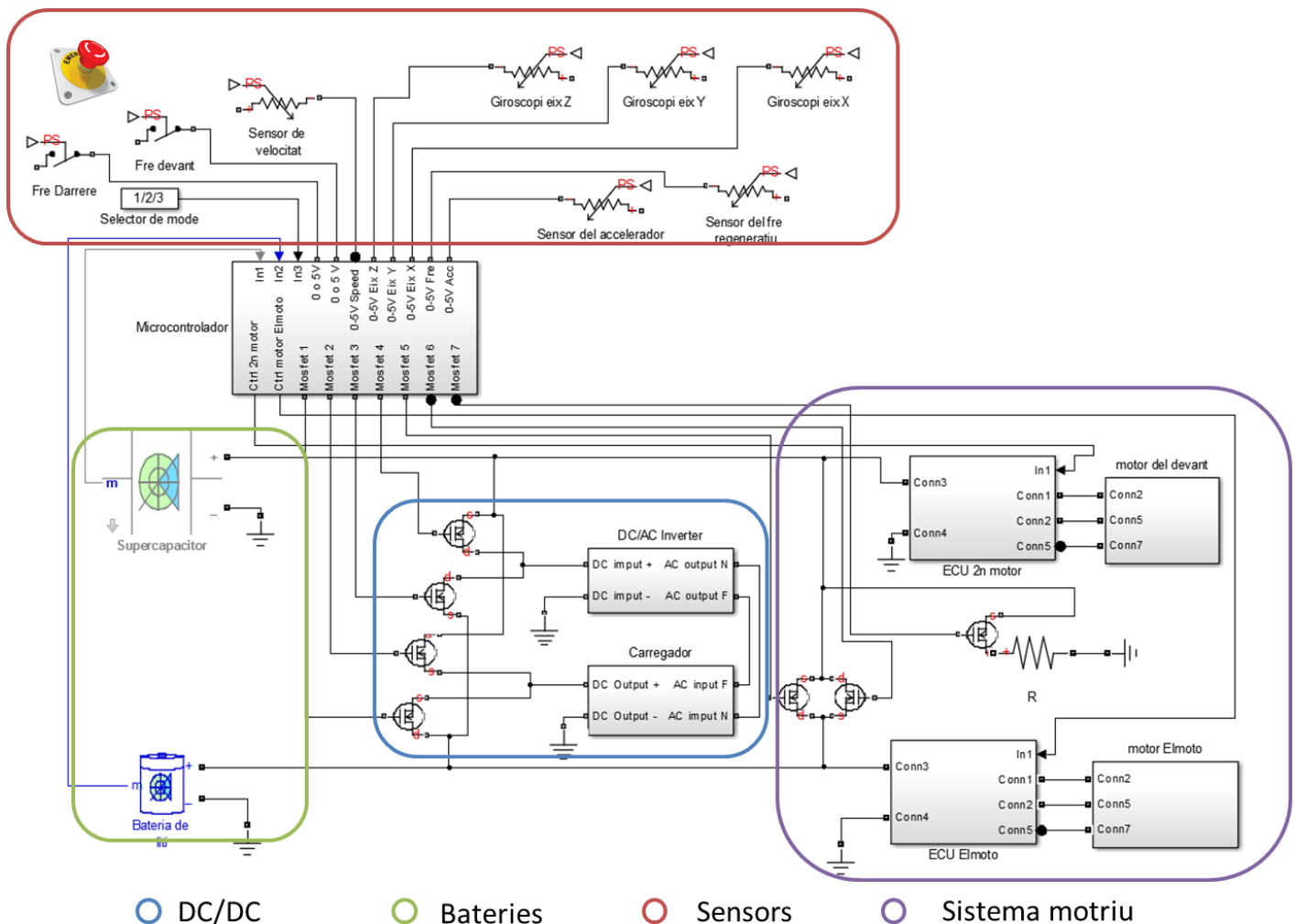
### 5.1 Sistema

En aquest apartat s'explica component a component tots aquells components que formaran el Power Train de la moto.

#### 5.1.1 Esquema general

Tot el sistema es pot dividir en quatre subsistemes: Sensors, Bateriaes, Motors i Convertidor DC/DC.

A més una part indispensable del sistema es el microcontrolador que manegará tota la informació de la moto. Aquest microcontrolador ha de ser prou ràpid com per gestionar els senyals de la moto i s'aprofitarà per a gestionar la pantalla, llums i altres dispositius connectats.



Il·lustració 16 Esquema general del sistema de regeneració

### 5.1.2 Descripció del sistema motriu

El subsistema motriu es basa en dues línies prou diferenciades, la dels components d'Elmoto i la d'uns components que cal definir però que es basarà en el mateix principi: Bateria, Ecu i Motor.

#### 5.1.2.1 Motor i ECU d'Elmoto

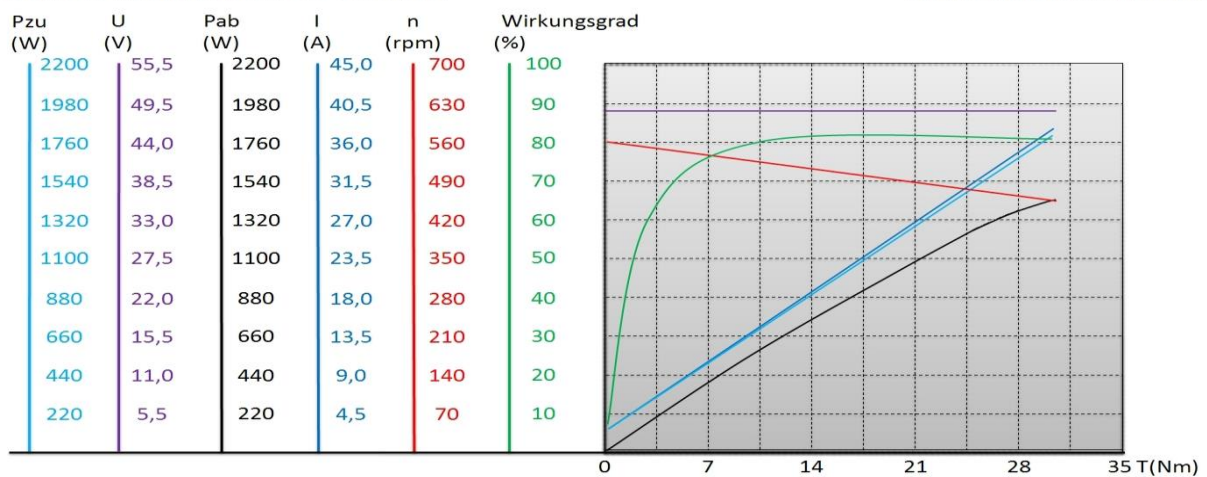
Tal i com ja s'ha explicat el motor i la ECU d'Elmoto son con una caixa tancada i que no es pot tocar, es per això que el que es planteja es modificar la informació que arriba a la ECU. Per exemple, quan l'usuari de la moto accelera, aquesta senyal passa per un microprocessador que genera la senyal que s'envia a la ECU (0-5V). Originalment, aquest senyal passava directament del potenciòmetre a la ECU i d'aquesta manera ens permet modificar-lo.

La caracterització del motor es la següent.

#### Testbericht Motor

Model: 49-28-1 (WYSG) 48V 3.5T 21.04.2011

Serial: F11042100034/21/2011



#### Il·lustració 17 Caracterització motor Elmoto

Tal i com es pot observar en el diagrama, una de les característiques més importants de cara a l'eficiència de la moto es l'eficiència de cada un dels seus components i en aquest cas el motor es més eficient en quan s'aplica una força de torsió major a 11,5 Nm.

#### 5.1.2.2 Motor tracció davantera

A l'hora de buscar un motor per a la roda del davant es cerca les següents característiques:

- Ha de permetre una regeneració en la frenada.
- Ha de ser programable.
- Ha de ser lleuger i adaptable a la roda del davant.
- Ha de tindre menor potència que el motor de darrere.

El motor escollit es el següent:

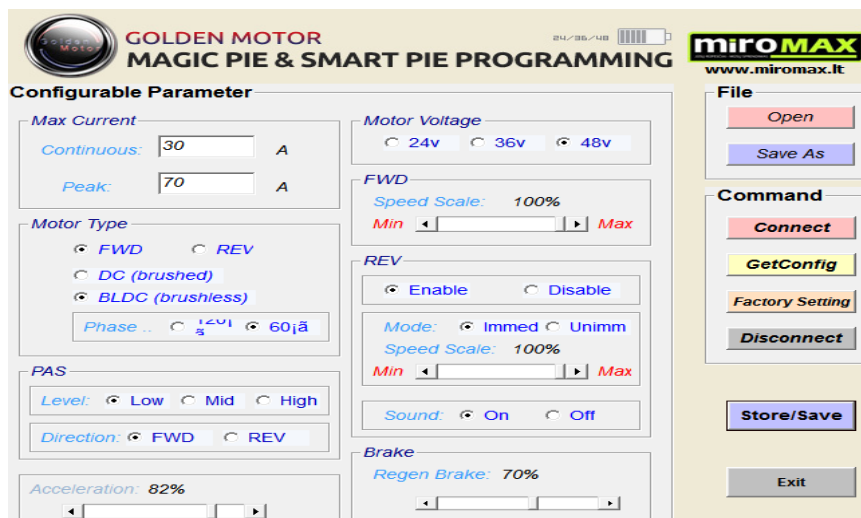
Goldenmotor Magic Pie 3<sup>1</sup> que a 48V té 1000W



Il·lustració 18 Motor Golden motor Magic Pie 3

Tal i com es pot veure en d'il·lustració nº 18 el mateix motor porta incorporada la Ecu i el refrigerador. Realment es un motor per a una bicicleta, però el fabricant deixa molt oberta la connectivitat del mateix, es per això que es pot obviar el pedaler i que el senyal que rebí serà generat pel microcontrolador.

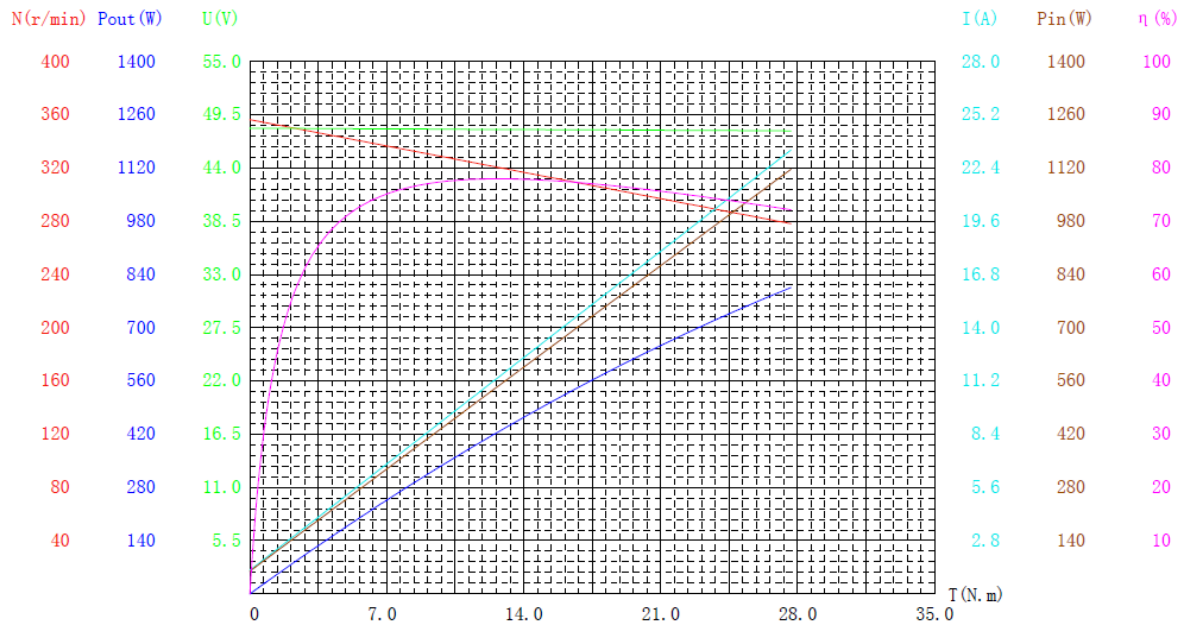
El desenvolupador permet programar el motor mitjançant un software molt senzill i que es gratuït, només cal comprar el cable USB que permeti la reprogramació:



Il·lustració 19 Magic Pie 3 Programmer

<sup>1</sup> <http://www.goldenmotor.ca/categories/Magic-Pie-3/>

Aquest motor té les següents característiques:



Il·lustració 20 Caracterització del motor Magic Pie 3

Aquest motor s'assembla molt a l'anterior, té un rendiment d'un 2% més baix que el d'Elmoto. També s'ha de tindre en compte que s'ha de procurar treballar en el punt de màxima eficiència, entre el 10,5 i 23 Nm.

Una bona dada es que la ECU va incorporada al motor i que d'aquesta manera no ocupa espai de la moto.

### 5.1.2.3 Resistència

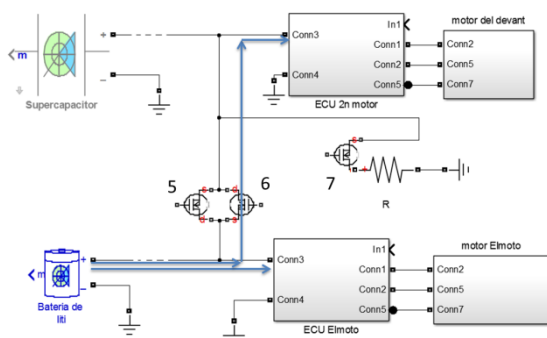
En el cas que l'usuari activa el potenciòmetre del fre regeneratiu si els Supercapacitors estan prou plens i el software desenvolupat no considera convenient que es carregui la bateria de liti, cal dissipar l'energia generada mitjançant una resistència i així l'usuari no perd el feeling amb el fre regeneratiu.

### 5.1.3 Funcions dels sistema motriu:

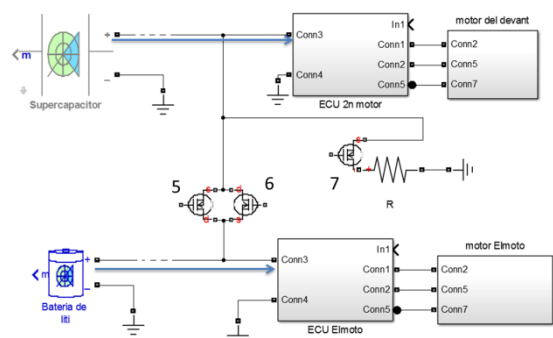
Hi ha 5 diferents combinacions possibles amb el sistema motriu:

- A. Bateria de liti -> Motor del darrere + Bateria de Supercapacitors -> Motor del davant.
- B. Bateria de liti -> Motor del darrere + Bateria de Liti -> Motor del davant.
- C. Motor del davant-> Bateria de Supercapacitors.
- D. Motor del davant-> Bateria de Liti.
- E. Motor del davant-> Resistència dissipadora.

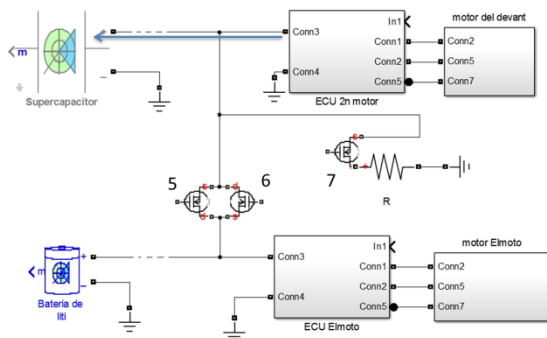
Per a aconseguir les diferents configuracions, cal combinar els 3 transistors Mosfet de la següent manera:



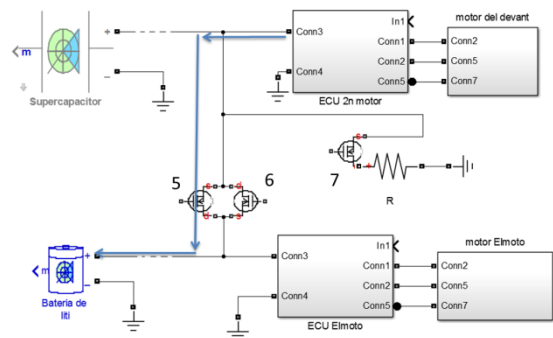
Il·lustració 23 Flux d'energia A, Mosfet 6 activat



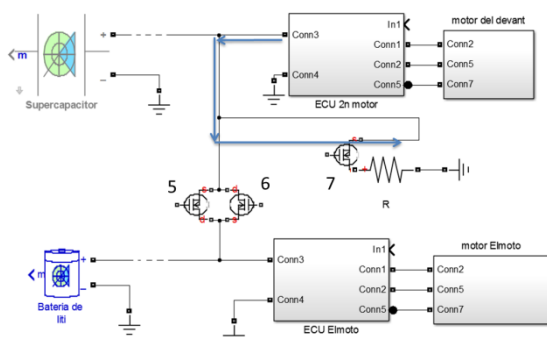
Il·lustració 24 Flux d'energia B



Il·lustració 22 Flux d'energia C



Il·lustració 21 Flux d'energia D, Mosfet 5 activat



Il·lustració 25 Flux d'energia E, Mosfet 7 activat

### 5.1.4 Bateries

Diferències entre una bateria de liti i una de Supercapacitors

Function	Supercapacitor	Lithium-ion (general)
Charge time	1–10 seconds	10–60 minutes
Cycle life	1 million or 30,000h	500 and higher
Cell voltage	2.3 to 2.75V	3.6 to 3.7V
Specific energy (Wh/kg)	5 (typical)	100–200
Specific power (W/kg)	Up to 10,000	1,000 to 3,000
Cost per Wh	\$20(typical)	\$2 (typical)
Service life (in vehicle)	10 to 15 years	5 to 10 years
Charge temperature	–40 to 65°C (–40 to 149°F)	0 to 45°C (32° to 113°F)
Discharge temperature	–40 to 65°C (–40 to 149°F)	–20 to 60°C (–4 to 140°F)

**Table 1: Performance comparison between supercapacitor and Li-ion**

Courtesy of Maxwell Technologies, Inc.

#### Taula 5 Principals diferències entre els Supercapacitors i les bateries

Així doncs els Supercapacitors tenen una capacitat de potència, i una vida útil molt més elevada que la bateria però la bateria de liti permet emmagatzemar molta més energia. És per això que la combinació d'ambdós elements es òptima.

La bateria d'Elmoto es de Lithium-ion (48V/31,5Ah).

##### 5.1.4.1 Bateria de Supercapacitors:

Per tal de caracteritzar la bateria de Supercapacitors primer es realitza un assaig amb el motor Magic Pie 3 a on s'alimenta amb diferents tensions per a veure quins són els límits que permetrien actuar-hi a sobre. Es detecta que el funcionament òptim recau entre els següents voltatges: entre 54 i 40 Volts.

Cal tindre en compte que a diferència de les bateries de liti, en una bateria de Supercapacitors la diferència de voltatge entre el punt màxim i mínim de càrrega es molt exagerada.

S'escull un model de Supercapacitors que sigui més o menys petit (per a poder crear una configuració més versàtil), amb una capacitat mitjana respecte al que hi ha al mercat i el més econòmic en la relació capacitat/preu.

S'escull, doncs, un de 350 Farads a 2,7V i que té una resistència equivalent de 3,2 mOhm de Maxwell <sup>2</sup>.

<sup>2</sup> <http://es.mouser.com/ProductDetail/Maxwell-Technologies/BCAP0350-E270-T11/?qs=sGAEpiMZZMuDCPMZUZ%252bYI72JRL%2f4IUvCU6Qev3HC%252bwo%3d>



### Dimensionament

Es calcula el numero de Supercapacitors que permetrien crear la tensió demandada:

$$N^{\circ} \text{ de supercapacitors en sèrie} = \frac{V_{max}}{V_{cel\cdot la}} = \frac{54V}{2,7V} = 20 \text{ Supercapacitors}$$

$$Capacitat = \frac{1}{\frac{N}{Capacitat \text{ unitaria}}} = \frac{1}{\frac{20}{350}} = \frac{350}{20} = 17,5 \text{ Farads}$$

$$R \text{ equivalent} = \frac{1}{\frac{N}{R \text{ unitaria}}} = \frac{1}{\frac{20}{0,0032}} = \frac{0,0032}{20} = 0,00016 \Omega$$

Es calcula el numero de blocs que es concertaran en paral·lel:

Sabem que en règim nominal el motor funciona a 22 Amperes, i s'agafa aquest corrent com a Standard per als següents càlculs, es sap que la diferencia de voltatge entre la càrrega màxima i la mínima entre les que funciona el motor es de 14V.

La fórmula per a calcular els principals paràmetres de la bateria es la següent:

$$dV = i * \frac{dt}{C} + i * R \quad dt = \left( \frac{dV}{i} - r \right) * C * N_{\text{paral\cdot lel}}$$

Per tal de fer la millor elecció es planteja diferents opcions entre les que es podrà escollir la millor:

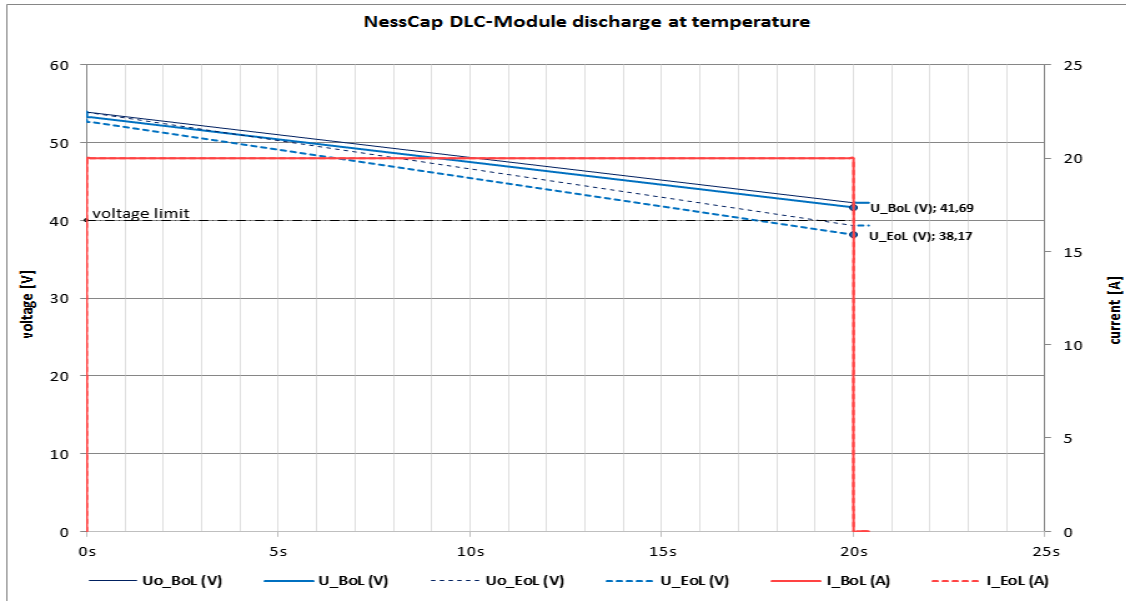
Nº de blocs en paral·lel	Temps	Nº de caps	Pes	Preu
1	11,13s	20	1,2Kg	162€
2	22,26s	40	2,4Kg	324€
3	33,40s	60	3,6Kg	486€

Taula 6 Càlcul del temps de descàrrega

Pensant que els Supercapacitors son una ajuda per a l'acceleració, es considera l'opció més equilibrada la de dos blocs de Supercapacitors en paral·lel, aquesta configuració permet temps suficient per a carregar en una frenada normal però el volum es acceptable.

Es procedeix a confirmar els càlculs mitjançant una calculadora subministrada per un fabricant, aquest fabricant te unes altes característiques, per tant els resultats no son completament fidels a la realitat, però podem veure que en ordre de magnituds els càlculs son correctes i l'evolució en funció del temps.





Il·lustració 26 Cicle de descàrrega de la bateria de Supercapacitors

Es pot observar una característica prou important dels Supercapacitors i es que la descàrrega es lineal. Aquesta linealitat es producte del principi de funcionament del Supercapacitors:

Una bateria de liti converteix l'energia elèctrica en energia química i es aquesta la que s'emmagatzema, però en el cas dels Supercapacitors no es així, aquests emmagatzemen l'electricitat com a tal, sense cap transformació química.

### 5.1.5 DC/DC

Aquesta part del sistema ha de permetre el flux d'energia entre les dues bateries i així poder gestionar de la millor manera l'energia emmagatzemada en elles.

Un convertidor DC/DC de 48V a 60V de dos quadrants i de 700Watts que permeti un control i monitorització continuus seria la millor opció. A 60V es possible carregar les bateries, i aquestes donen una tensió màxima de 50V.

Al mercat no es tant comú la tensió en DC a 48 V com 24 o 12Volts, és per això que no hi ha tants components que funcionin en aquesta tensió.

Així doncs trobar un convertidor comercial que compleixi les especificacions donades no es possible i crear un prototip propi no es una opció donat que la moto ha de poder competir en una data estricta i no disposem de prou temps per al disseny i construcció d'un convertidor DC/DC com el que es planteja.

$$\eta_{DC/DC} = 85\% \text{ aproximadament}$$

És per això que es procedeix a pensar una segona opció: Convertir el corrent de la bateria d'origen a alterna 230V 50Hz mitjançant un convertidor que ens ho permeti, i més endavant tornar a convertit aquest corrent en un corrent que permeti carregar la segona bateria. Donat

que l'equip que ens dona Elmoto incorpora un carregador de bateries (que sabem del cert que funciona).

Aquesta solució no és la més òptima des del punt de vista d'eficiència energètica, però si que és la opció més senzilla per tal d'assegurar que el sistema funcioni i que no hi hàgim problemes de compatibilitat.

L'inverter escollit es el següent: Ondulador Sinusoïdal 7075 de Premium<sup>3</sup>

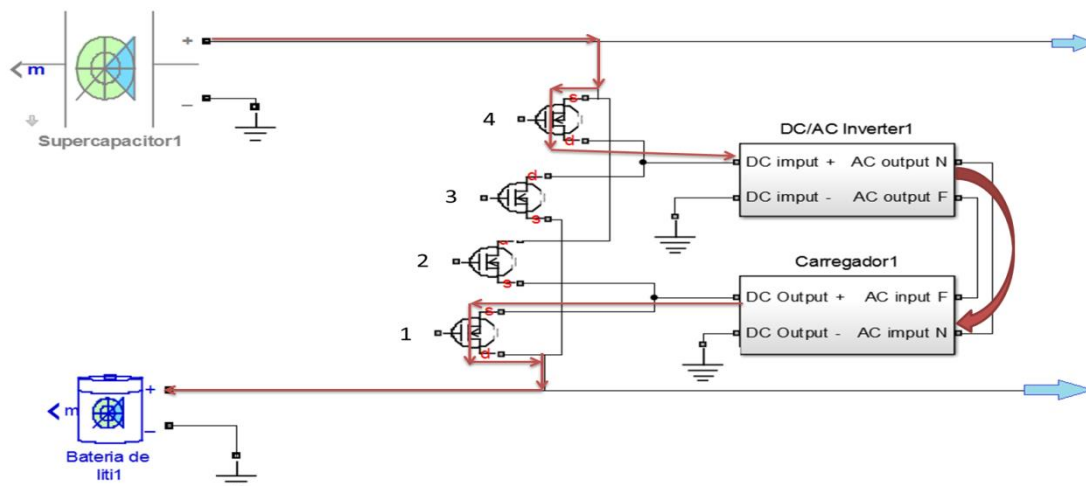
$$\eta_{Total} = \eta_{inverter} * \eta_{carregador} = 0,88 * 0,8 = 0,704 = 70,4\% \quad ^4$$

Per tal de poder manegar aquesta energia es procedeix a instal·lar quatre transistors Mosfets, s'escullen uns transistors que siguin N-Channel per tal de facilitar l'activació amb el microprocessador.

Per tal d'escollir el millor transistor es busca un que permeti el doble de la tensió de treball (48V) i que tingui una capacitat de càrrega molt superior als 8,5A amb que es carrega la bateria de liti d'Elmoto i que considerem suficient per a carregar els Supercapacitors.

En aquest cas s'escull el següent component a Mouser: Mosfet NChannel D-S 100V i 35 A<sup>5</sup>.

El flux d'energia per a passar la corrent dels Supercapacitors serà el següent:



Il·lustració 27 Flux d'energia de Supercapacitor a Bateria

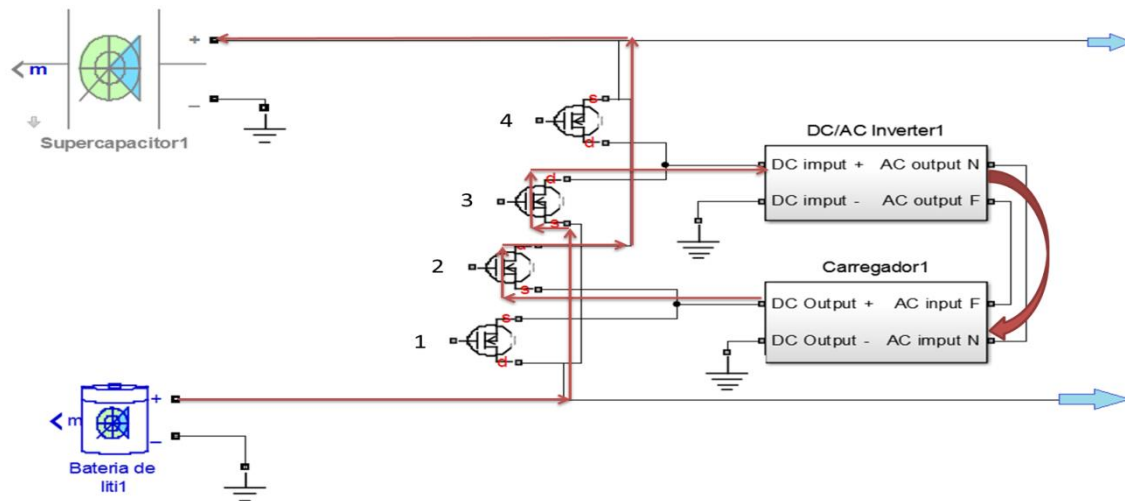
Així doncs per a poder realitzar aquesta transferència d'energia cal activar els transistors números 1 i 4.

<sup>3</sup> [http://www.premium.es/web/upload/productos/27\\_es0254.pdf](http://www.premium.es/web/upload/productos/27_es0254.pdf)

<sup>4</sup> Rendiment del carregador aproximat.

<sup>5</sup> <http://www.st.com/web/en/resource/technical/document/datasheet/CD00002440.pdf>

I per altra banda si es vol passar l'energia de la bateria de liti als Supercapacitors el flux serà el següent:



Il·lustració 28 Flux d'energia de Bateria als Supercapacitors

Així doncs per a poder realitzar aquesta transferència d'energia cal activar els transistors números 2 i 3.

Cal tindre en compte que per a poder realitzar amb seguretat aquests traspassos d'energia la moto ha d'estar quieta.

### 5.1.6 Sensors:

#### *Botó d'emergència*

El botó d'emergència ha de tallar tota la corrent, per tant aquest ha de permetre tallar les dues bateries. A l'hora de dimensiona-ho ha de resistir uns 40 ampers per cada línia de tall.

#### *Giroscopi de tres eixos:*

Aquest giroscopi té dues funcions, la primera es mesurar la inclinació de la carretera per on es circula, més endavant aquesta informació serà important per a gestionar el traspàs d'energia entre els Supercapacitors i la bateria de liti.

A més el giroscopi mesura la inclinació lateral de la moto en els girs, en aquest cas s'aprofitarà la informació per a limitar l'acceleració de la roda del davant per tal de no desequilibrar la moto en una corba molt marcada.

#### *Selector de mode:*

Aquest selector estarà instal·lat a tableta i serà la manera que tingui el conductor per a elegir quin mode vol fer funcionar.

#### *Altres sensors :*

La resta de sensor son els que ja venen incorporats en el sistema d'Elmoto i que permeten que l'usuari doni les ordres pertinents a la moto.

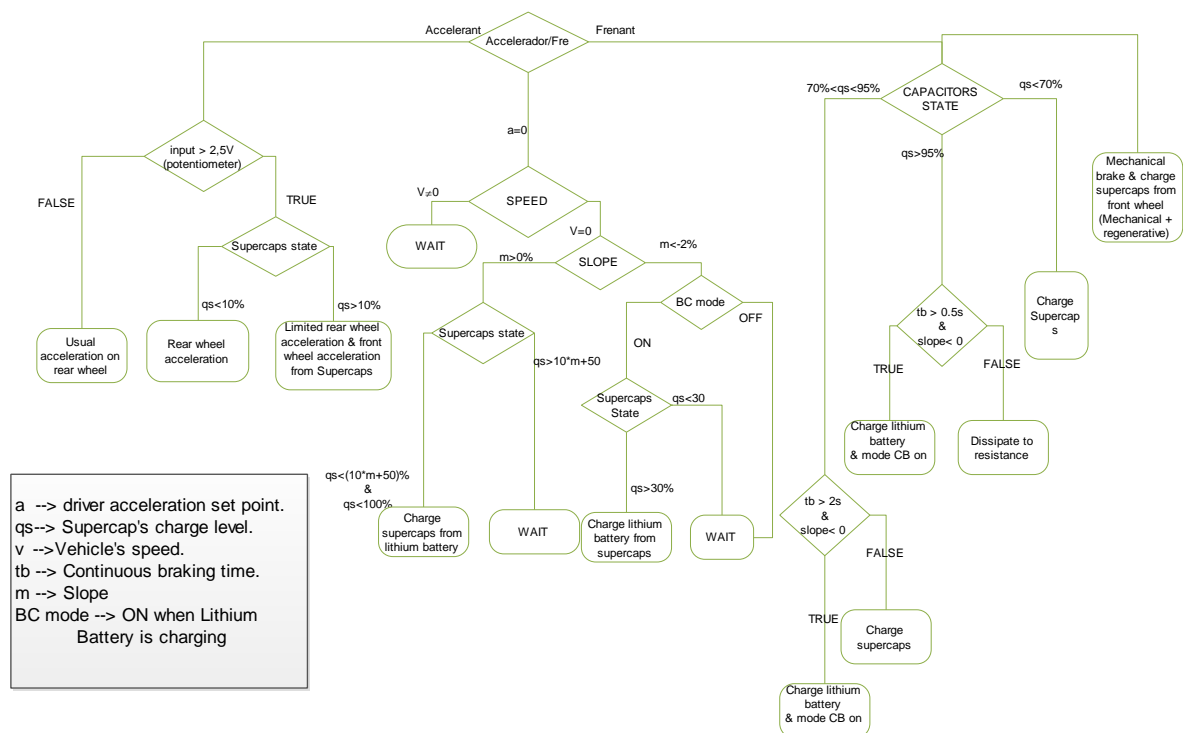
## 5.2 Modes de funcionament

S'estableixen 3 modes de funcionament un d'ecològic, un intel·ligent i un esport. La idea es que la conducció intuïtiva sigui amb el mode intel·ligent i que en el moment de tindre una necessitat de tindre uns quilometres més es pugui utilitzar el mode eco o que en el cas de voler una sortida més divertida utilitzar un mode Sport.

Una de les estratègies que es planteja per a evitar carregar la bateria de liti sovint es que només es pugui carregar quan es pugui assegurar que aquesta durarà un temps (que no siguin impulsos) és per això que una condició bàsica es que els Supercapacitors (els que han de rebre els pics de potència) i si aquests estan plens primer es rebutja l'energia per tal d'assegurar que es una frenada per a desaccelerar poc a poc i no per a frenar en sec.

Una altre estratègia que es planteja es que per a traspasar l'energia d'una bateria a l'altre, aquesta només es fa en funció de la inclinació de la carretera de manera que si la moto s'ha aturat en pujada es carreguin els Supercapacitors per a tindre una sortida més potent, però si s'atura en baixada, es carregui la bateria de liti i així aconseguir allargar el trajecte.

### 5.2.1 Mode eco



Il·lustració 29 Diagrama de flux de decisions del mode ECO

S'avantposa la recuperació de l'energia i la utilització dels Supercapacitors, però no es dona tanta importància a la potència de la moto o a la vida útil de la bateria de liti. Això es així perquè per exemple no es permet accelerar la roda del davant amb la bateria de liti (limita la potència en el cas que els Supercapacitors estiguin buits).



## 5.3 Distribució dels elements

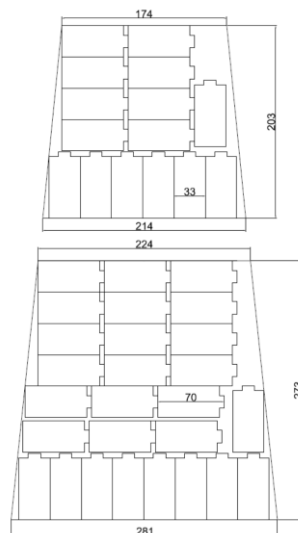
Per tal de fer una gestió intel·ligent de l'espai que es disposa a la moto cal dissenyar una distribució prou bona per a guardar-ho tot.

### 5.3.1 Supercapacitors

S'estudia quina podria ser la disposició real dels Supercapacitors a la moto, una zona que queda buida amb suficient espai es la part frontal del carenat, es presenta un petit esquema de la distribució adequada dels elements. Cal tindre en ) Uds.



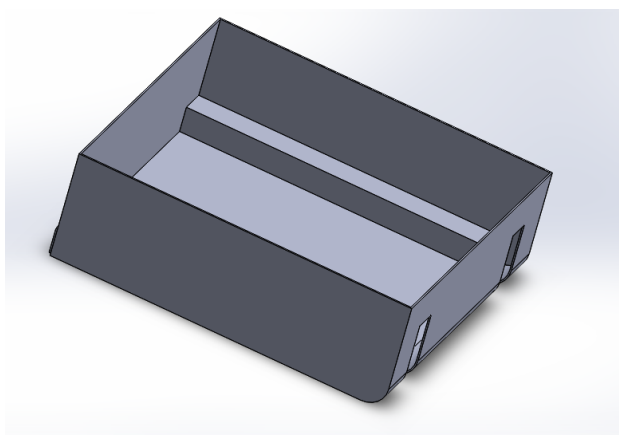
Il·lustració 32 Render de la part frontal del carenat



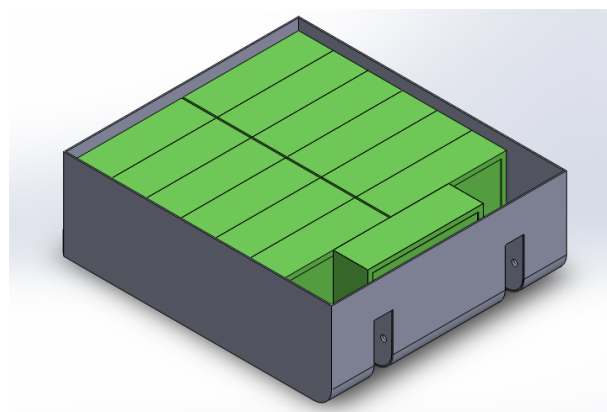
Il·lustració 33 Distribució dels supercapacitors

### 5.3.2 Bateria de Liti

Tal i com s'ha explicat abans, la bateria ha d'acabar situada al terra de la moto, aquesta distribució ajudarà a baixar el centre de masses de la moto (millora l'equilibri) i a més ajudarà a repartir les masses entre les rodes.

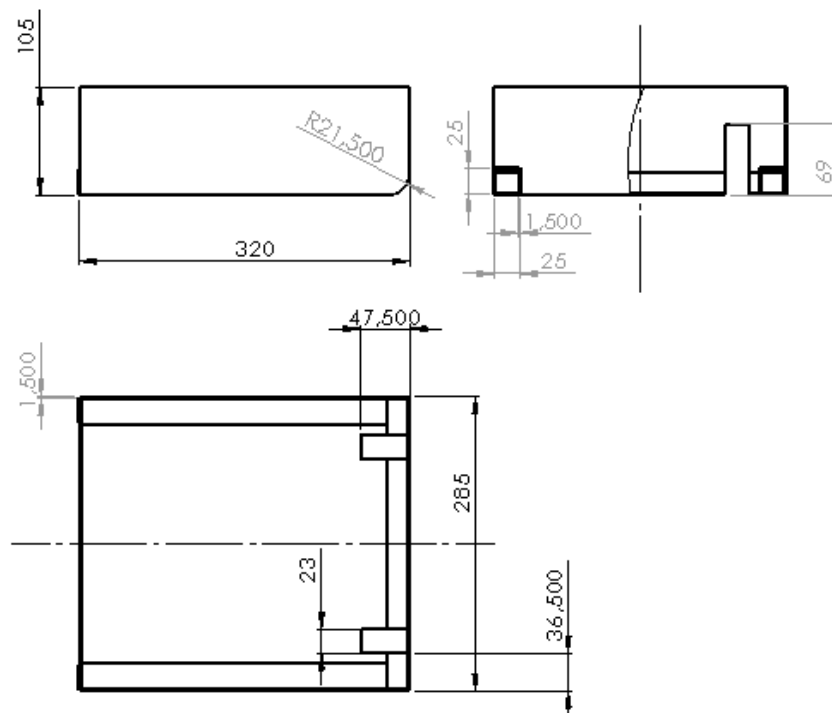


Il·lustració 35 Caixa bateria buida



Il·lustració 34 caixa de la bateria plena

La caixa de la bateria de liti incorporarà unes rodes pròpies i una nansa per tal que es pugui extreure del vehicle i així portar a carregar al domicili.



Il·lustració 36 Croquis de la caixa de bateria

### 5.3.3 resta de components



Il·lustració 37 Croquis del carenat de la moto

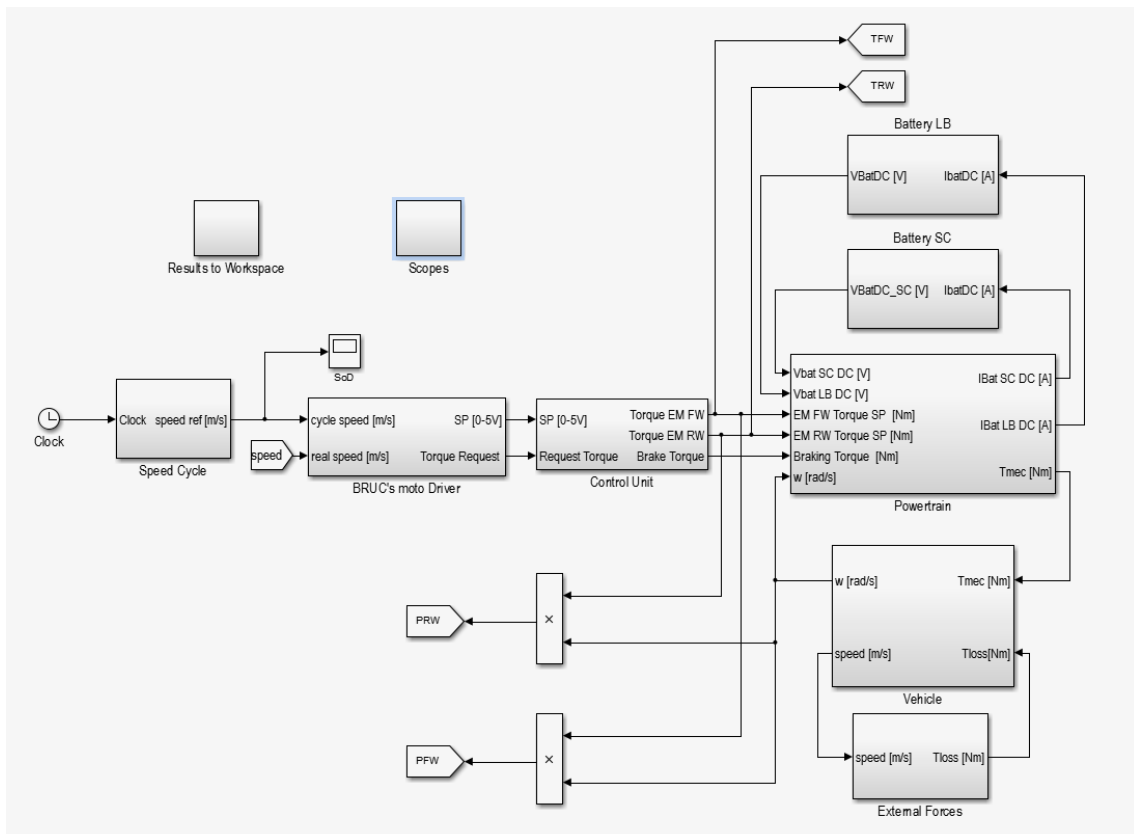
L'espai restant a la moto per a poder disposar-hi la resta de components es el marcat a la fotografia.

## 6 Validació del sistema de regeneració dissenyat

Es construeix un sistema en Simulink per tal de simular correctament la moto.

No es un sistema idèntic a la realitat, cal pensar que hi ha molts rendiments que s'han posat com a constants però que en realitat son variables en funció de la temperatura, velocitat i parell motor. Es per això que la valoració que de la simulació no en podem extreure una valoració de caràcter absolut sinó que la podem extreure de caràcter relatiu.

### 6.1 Modelat



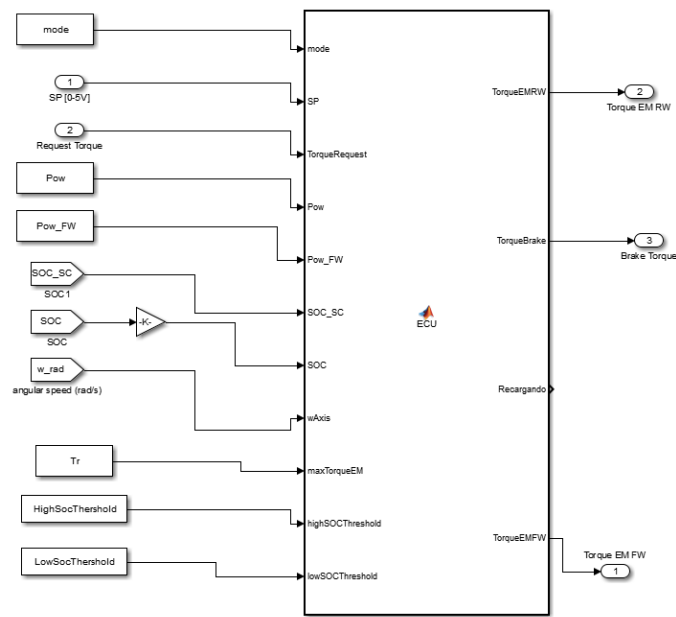
Il·lustració 38 Diagrama principal del simulink amb totes les parts integrants

La distribució dels diferents modes està disposada de manera que la programació es prou intuïtiva.

El bloc BRUC's moto driver incorpora un controlador PID que el que fa es intentar que la moto segueixi en tot moment la corba de velocitat imposada a l'entrada.

Es pot observar que el vehicle se situa fora del powertrain, això està fer per quan es vol utilitzar el sistema amb una moto que porti el motor al centre de la moto i tingui una transmissió que calgui tindre en compte, en aquest cas els motors son les pròpies rodes de la moto i per tant es podria considerar que el vehicle està dins de powertrain.





II-lustració 39 microprocessador

Aquest bloc incorpora la programació que cal per poder dur a terme els modes de funcionament. Cal dir que el mode Eco i Intel·ligent hi ha una aplicació que no tenen programada en simulink, i es que no es procedeix a fer el traspàs d'energia entre les bateries ja que es considera una inclinació constant en tot el trajecte.

## 6.2 Constants i càrrega de gràfics

Valors de partida en la simulació de Simulink

```
% initialization
clear all; clc;

mode=2;    %%mode=1 --> modo normal  mode=2 --> modo eco  mode=3 -->
modo intelligent
%-----
---
%% Cycle Block
load SPspeedGuillem.mat          %          Load cycle data
(time vs speed table)

%-----
---
%% Battery Block

% Battery Pack description
NCels = 11          ;          %[]          Number of cells in series
NCelP = 14          ;          %[]          Number of cells in parallel
% Cell description
load SOD.mat          %          Load discharge table SOD-VOC
CCap = 2.25          ;          %[Ah]          Cell capacity
```

```

Zeq = 0 ; % [Ohm] Internal resistance
!!!!!!!inventado
MCell = 0.044 ; % [kg] Single cell mass
SODi = 50 ; % [%] Initial contidion of State of
Discharge
Ebat = CCap*3.6/1000*NCelS*NCelP;% [kWh] Battery capacity calculation

%-----
---
%% Super Caps Block
% Battery Pack description
NCelS_SC = 20 ; % [] Number of cells in series
NCelP_SC = 2 ; % [] Number of cells in parallel
MaxV_SC = 52 ; % [] Maximum voltage (100%
charge)
MinV_SC = 38 ; % [] Minimum voltage (0% charge)
% Cell description
for count=1:1:101, % Calculo del estado de
descarga del supercap (lineal)

    x_SOD_SC(count) = count-1 ;
    y_SOD_SC(count) = MaxV_SC-((MaxV_SC-MinV_SC)*(count-1)/100);

end
CCap_SC = 350 ; % [Farads] Cell capacity
Zeq_SC = 0.0022 ; % [Ohm] Internal resistance
MCell_SC = 0.720 ; % [kg] Single cell mass
SODi_SC = 0 ; % [%] Initial contidion of State
of Discharge In tant per cent
Ebat_SC = CCap*3.6/1000*NCelS*NCelP;% [kWh] Battery capacity
calculation

%-----
---
%% Powertrain Block
%Electric Motor rear wheel parameters
Tr = 28 ; % [Nm] Rated Torque
rpm_r = 760 ; % [rpm] Rated speed
Mmot = 8 ; % [kg] Motor mass
Pow = Tr*(rpm_r*2*pi/60); % [W] Motor power
%Electric Motor front wheel parameters
Tr_FW = 27,66 ; % [Nm] Rated Torque
rpm_r_FW = 279 ; % [rpm] Rated speed
Mmot_FW = 8 ; % [kg] Motor mass
Pow_FW = Tr_FW*(rpm_r_FW*2*pi/60); % [W] Motor power
%Auxiliary power
Plighting = 0 ; % [W] Lightning power
Pcooling = 0 ; % [W] Cooling System power
Pac = 0 ; % [W] Air Conditioner power
Pradio = 0 ; % [W] Radio power
Psteering = 0 ; % [W] Steering power
%Efficiency
Eff_mot = 0.89 ; % [] Motor Efficiency
Eff_inv = 1 ; % [] Inverter Efficiency
Eff = Eff_mot*Eff_inv;% [] Total Efficiency
%% Block: ECU
speedLimitEM= 50; % [m/s] : Maximum
velocity in Electric Mode Operation
LowSocThershold=.2; % [0-1] Lower allowed
value for SOC Status

```

```

HighSocThershold=.8; % [0-1] Higher allowed
value for SOC Status

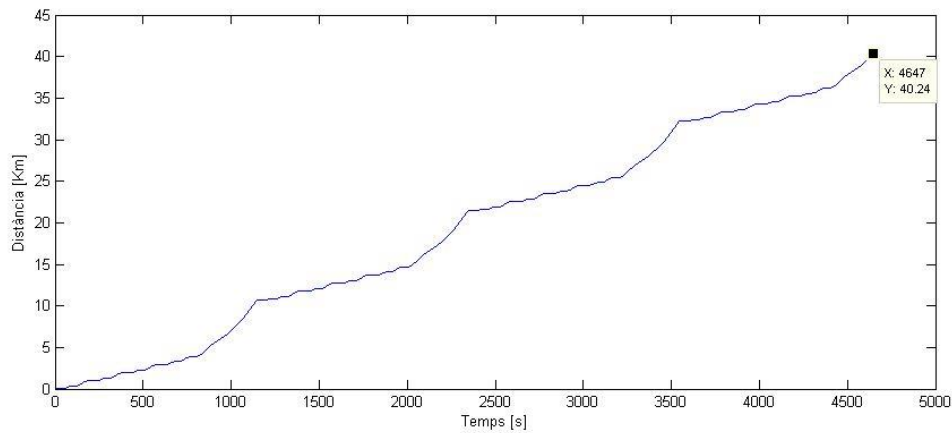
%-----
%% Vehicle Block
r = 0.2879 ; % [m] Radius of the wheel
RTrans = 1 ; % [] Gear Ratio (w_mot/w_wheel)
Munladen = 52 ; % [kg] Unladen mass
MLoad = 80 ; % [kg] Load mass (passengers & luggage)
MBat=MCell*NCellS*NCellP ; % [kg] Battery mass
Mtotal=Munladen+MLoad+MBat+Mmot+Mmot_FW; % [kg] Total mass
Jgearbox=0; % [] : Inertia of
Gearbox.
Jwheel=5; % [] : Inertia of
Wheels.
K=1;
Vmax=1.25*rpm_r*pi/30*1/RTrans*r*3.6;
load gearboxRatio.mat % Load the "gearRatio.mat".
[Number of Gears , Gear Ratio].
gears=1; % Define the Number of Gears. LookUp Table of
GearRatio.
ratios=1; % Define the Ratio of Gears. LookUp Table of
GearRatio.
differentialRatio=1; % Define the Ratio of the Differential
Bloque of the Transmission

%-----
---
%% Dynamics Block
load Crr.txt % Load rolling coefficient
Speed_Crr = Crr(:,1) ; % [m/s] Speed column of coefficient
table
Coef_Crr = Crr(:,2) ; % [] Rolling coefficient function of
speed
g = 9.81 ; % [m/s^2] Gravity
Slope_percent = 0 ; % [%] Slope
Slope = atan(Slope_percent/100); % [rad] Slope angle calculation
Af = 0.25 ; % [m^2] Front section area
A_den = 1.21 ; % [kg/m^3] Air density
Cd = 0.30 ; % [] Draft Coeficient. worst[0.65]
middle[0.32] best[0.26]
wind_s = 0 ; % [m/s] Wind speed against vehicle
direction

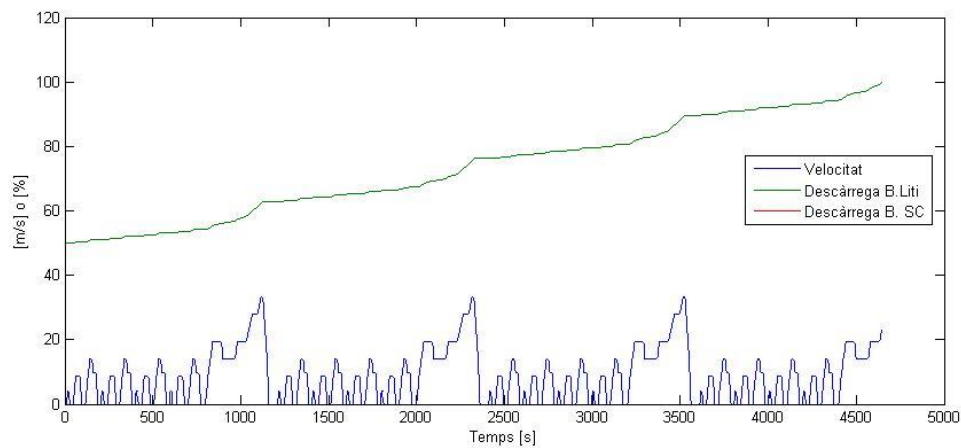
%-----
---
%-----
---
```

## 6.3 Resultats

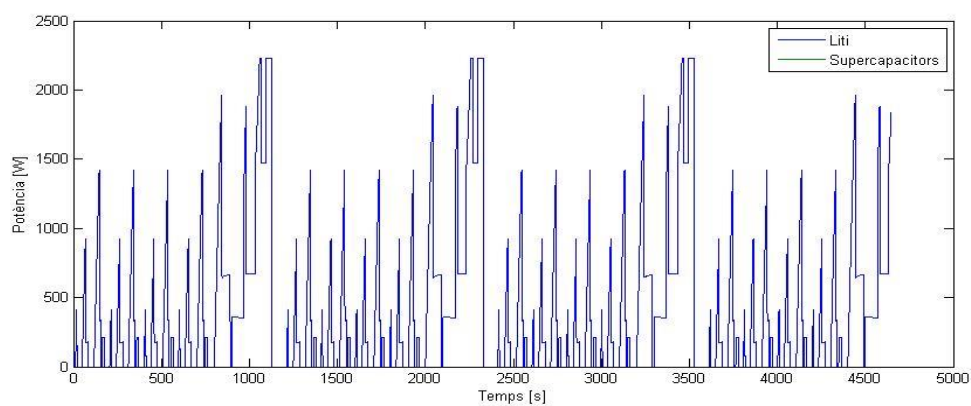
### 6.3.1 Mode sense regeneració:



Il·lustració 40 Distància recorreguda sense regeneració



Il·lustració 42 Velocitat i estat de descàrrega de la bateria sense regeneració

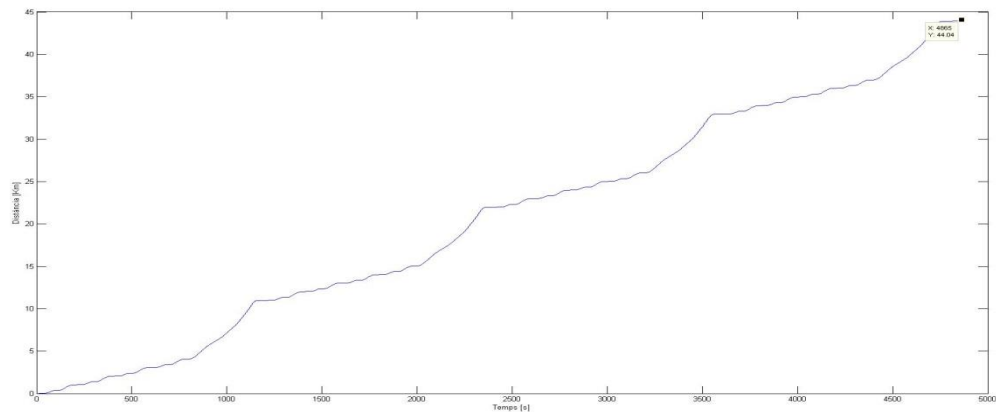


Il·lustració 41 Potència consumida per la moto sense regeneració

En aquesta gràfica es pot observar que hi han dos punts on la bateria satura a 2200Watts.

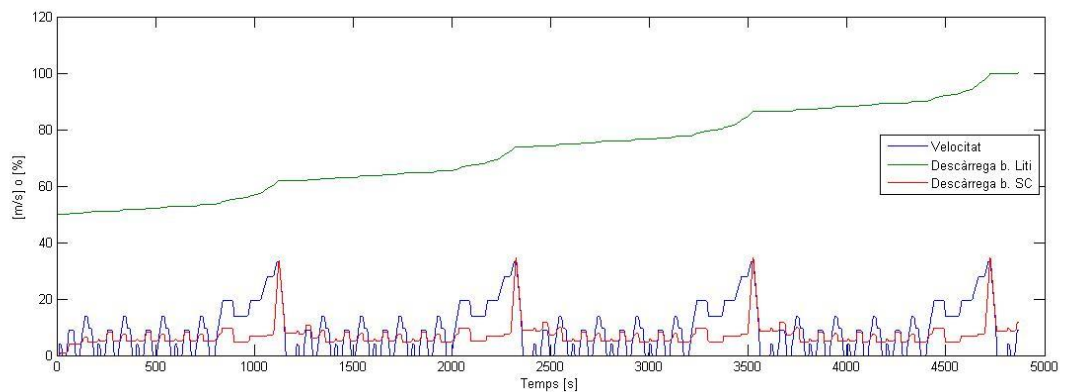
### 6.3.2 Mode ecològic

En aquest cas s'incorpora el pes del segon motor, Ecu i supercapacitors: 12Kg de més



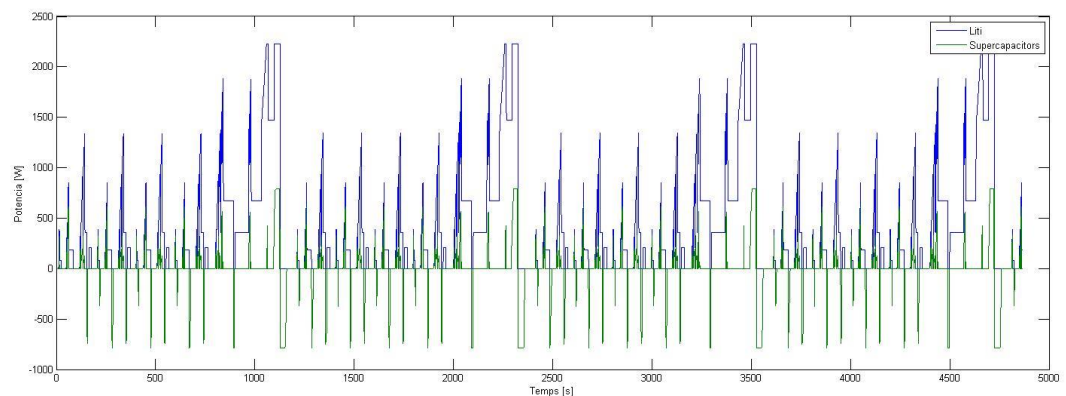
Il·lustració 43 Distància recorreguda en mode ecològic

A Priori es pot considerar que en el mode eco el vehicle arriba considerablement més lluny que sense la regeneració



Il·lustració 44 Velocitat i estat de descàrrega de les bateries en mode ecològic

En el gràfic es pot observar que la bateria de Supercapacitors es descarrega d'una manera molt més polsant que la de Liti, això es positiu ja que els Supercapacitors no pateixen tant com la bateria de liti.



Il·lustració 45 Potència consumida per la moto en mode ecològic

És molt interessant veure com de flexible es la bateria de Supercapacitors que està contínuament canviant els seu estat de càrrega.

### 6.3.3 Comentaris:

Partint del mateix estat de càrrega de la bateria de liti, el resultat es el següent:

Mode eco: 44,04km i 4865segons (1,35hores)

Sense regeneració: 40,24km i 4647segons (1,29hores)

Percentatge de millora en l'eficiència del vehicle: **9,5% de millora.**

Augmentar l'eficiència un gairebé un 10% i tenint en compte que el ciclomotor ara tindrà un 50% més de potència que abans, la millora es molt substancial.

Per altra banda, cal dir que fins que la moto no estigui construïda del tot no es podran acabar d'ajustar les consignes al microprocessador.

## 7 Webgrafia

### 7.1 Normativa:

[www.boe.es](http://www.boe.es)

[http://europa.eu/eu-law/decision-making/legal-acts/index\\_es.htm](http://europa.eu/eu-law/decision-making/legal-acts/index_es.htm)

<http://www.dgt.es/es/>

<https://www.gov.uk>

<http://www20.gencat.cat/portal/site/territori/>

<http://www.smartmotochallenge.org/>

### 7.2 Estat de la tècnica

<https://www.google.com/patents>

<http://es.mouser.com/>

<http://www.elmoto.com/>

<http://www.ip-zev.gr/>

<http://www.scutum.es/>

[http://www.cne.es/cne/contenido.jsp?id\\_nodo=523&&keyword=&auditoria=F](http://www.cne.es/cne/contenido.jsp?id_nodo=523&&keyword=&auditoria=F)

<http://upcommons.upc.edu/pfc/handle/2099.1/2939>

### 7.3 Disseny

<http://www.tdk-lambda.com/>

<http://www.premium.es/web/es/>

<http://fsm.ag/en/home.php>

<http://electrorodes.com/>

<http://www.chalmers.se/en/>

<http://www.ieeepecon.org/2012/>

<http://www.futureelectronics.com/>

<http://scholar.google.es/>

## 8 Referències bibliogràfiques:

- why, how, and where is the technology  
*Journal of Power Sources*, Volume 91, Issue 1, Pages 37-50  
Andrew Burke
- PSiM based electric modeling of supercapacitors for line voltage regulation of electric train System  
*Power and Energy Conference, 2008. PECon 2008. IEEE 2nd International*  
ISBN 978-1-4244-2405-4
- International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ'12)  
Santiago de Compostela (Spain), 28th to 30th March, 2012
- Modeling and Simulation of Vehicular Power Systems, Siavash Zoroofi,  
Master's thesis in the International master's 'Program 'Electric Power Engineering'  
CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, Göteborg, Sweden, 2008
- Battery-Supercapacitor Energy Storage  
Master of Science Thesis in Electrical Engineering  
CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, Göteborg, Sweden, 2008
- Bidirectional DC-DC converter modeling and unified controller with digital implementation  
*Applied Power Electronics Conference and Exposition, 2008. APEC 2008. Twenty-Third Annual IEEE*  
ISBN: 978-1-4244-1874-9

## 7 Annexos

### 7.1 Pressupost

Concepte	Preu
Magic Pie 3 (motor+ECU)	530€
Cable programador	50€
Bloc Elmoto (bateria, motor i ECU)	2000€
Mosfets N-Channel (x8)	6€
Supercapacitors (x40)	324€
Giroscopi 3 eixos	24,99€
Botó d'emergència	40€
Cablejat de senyal (20m)	12€
Cablejat de potència (7m)	35€
Caixa d'alumini	240€
Rodes, coixinets i nansa (bateria)	70€
Connectors de potència (x4)	250€
Connectors de senyal (x15)	60€
<b>Total:</b>	<b>3641,99€</b>



## Índex d'il·lustracions

Il·lustració 1 Organigrama .....	7
Il·lustració 2 BRUC vista frontal .....	8
Il·lustració 3 Impala .....	8
Il·lustració 4 Components estàndard d'Elmoto .....	8
Il·lustració 5 Diagrama Power Train .....	9
Il·lustració 6 Distribució desitjada de la bateria .....	9
Il·lustració 7 Distribució original de la bateria .....	9
Il·lustració 8 Scutum Power Train .....	10
Il·lustració 9 Scutum -S01- .....	10
Il·lustració 10 Extracció de la bateria .....	10
Il·lustració 11 Honda EV-Neo .....	11
Il·lustració 12 Honda EV-Neo Power Train .....	11
Il·lustració 13 Diagrama de flux d'energia, disposició en sèrie .....	14
Il·lustració 14 Diagrama de flux d'energia, disposició en paral·lel .....	15
Il·lustració 15 Diagrama de flux d'energia, motor i bateria en paral·lel .....	15
Il·lustració 16 Esquema general del sistema de regeneració .....	17
Il·lustració 17 Caracterització motor Elmoto .....	18
Il·lustració 18 Motor Golden motor Magic Pie 3 .....	19
Il·lustració 19 Magic Pie 3 Programmer .....	19
Il·lustració 20 Caracterització del motor Magic Pie 3 .....	20
Il·lustració 21 Flux d'energia D, Mosfet 5 activat .....	21
Il·lustració 22 Flux d'energia C .....	21
Il·lustració 23 Flux d'energia A, Mosfet 6 activat .....	21
Il·lustració 24 Flux d'energia B .....	21
Il·lustració 25 Flux d'energia E, Mosfet 7 activat .....	21
Il·lustració 26 Cicle de descàrrega de la bateria de Supercapacitors .....	24
Il·lustració 27 Flux d'energia de Supercapacitor a Bateria .....	25
Il·lustració 28 Flux d'energia de Bateria als Supercapacitors .....	26
Il·lustració 29 Diagrama de flux de decisions del mode ECO .....	27
Il·lustració 30 Diagrama de flux de decisions del mode intel·ligent .....	28
Il·lustració 31 Diagrama de flux de decisions del mode esport .....	28
Il·lustració 32 Render de la part frontal del carenat .....	29
Il·lustració 33 Distribució dels supercapacitors .....	29
Il·lustració 34 caixa de la bateria plena .....	29
Il·lustració 35 Caixa bateria buida .....	29
Il·lustració 36 Croquis de la caixa de bateria .....	30
Il·lustració 37 Croquis del carenat de la moto .....	30
Il·lustració 38 Diagrama principal del simulink amb totes les parts integrants .....	31
Il·lustració 39 microprocessador .....	32
Il·lustració 40 Distància recorreguda sense regeneració .....	35
Il·lustració 41 Potència consumida per la moto sense regeneració .....	35
Il·lustració 42 Velocitat i estat de descàrrega de la bateria sense regeneració .....	35
Il·lustració 43 Distància recorreguda en mode ecològic .....	36

Il·lustració 44 Velocitat i estat de descàrrega de les bateries en mode ecològic .....	36
Il·lustració 45 Potència consumida per la moto en mode ecològic .....	36

## Índex de taules

Taula 1 Relació d'equips participants a SMC.....	7
Taula 2 Benchmark Scutum -S01- Moped version .....	10
Taula 3 Benchmark Honda EV-neo.....	11
Taula 4 Valoracions dels diferents opcions. ....	16
Taula 5 Principals diferències entre els Supercapacitors i les bateries.....	22
Taula 6 Càlcul del temps de descàrrega.....	23